

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Výběrové řízení v praxi

The Selection Procedure in Practice

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Jaromír Novotný
Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Jaromír Novotný**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Výběrové řízení v praxi**
The Selection Procedure in Practice

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu, vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků na CNC frézovací portálové centrum.
3. Návrhy variant řešení na základě zvolených kritérií.
4. Komplexní posouzení navrhovaných variant řešení a výběr optimální varianty.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 40 s.

PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2007, poslední aktualizace 30. 6. 2009. Dostupný z [www: <URL: http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20psát%20cerven%202009.pdf>](http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20psát%20cerven%202009.pdf).

FOTR, J., ŠVECOVÁ, L., DĚDINA, J., HRŮZOVÁ, H., RICHTER, J. *Manažerské rozhodování: postupy, metody, nástroje*. 1. vyd. Praha: Ekopress, s.r.o., 2006. 409 s. ISBN 80-86929-15-9

ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. 1. vyd. Ostrava: Fakulta strojí VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

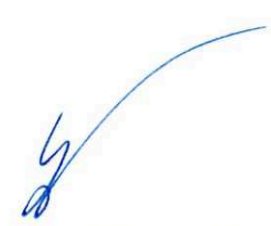
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 17.5.2013


.....


Jaromír Novotný

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 17.5.2013


.....
Jaromír Novotný

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Jaromír Novotný**

Lubník 8

563 01 Lanškroun

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NOVOTNÝ, J. *Výběrové řízení v praxi.: bakalářská práce*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2013, 59 s. Vedoucí práce: Ivana Šajdlerová

Tématem předkládané bakalářské práce je výběr CNC frézovacího portálového centra pro firmu *SOMA*, na kterém se obrábí součástky velkých rozměrů. Práce se zabývá posouzením obdržených nabídek a následným výběrem nejlepší předložené cenové nabídky vzhledem k stanoveným kritériím firmy, která výběrové řízení vyhlašuje. Cenové nabídky zaslali výrobci z několika různých evropských států. Práce se skládá ze dvou částí, kdy v úvodu je uveden teoretický přehled průběhu výběrového řízení a je představena firma *SOMA*, ve druhé jsou uvedeny obdržené nabídky spolu s parametry uváděnými výrobcem. Závěrem se práce zabývá porovnáním strojů a představením nejlepší nabídky včetně zdůvodnění jejího výběru.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

NOVOTNÝ, J. *The Selection Procedure in Practice : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2013, 59 p. Thesis head: Ivana Šajdlerová

The topic of this proposed bachelor thesis is the selection of CNC milling cutter portal center system for *SOMA* company, on which the material parts of big proportions are shaped. The thesis deals with qualification of received offers and consequential choice of the best price offer, according to specific company criterias, which enounces the selection procedures. Producers from several European states sent the price offers. The thesis has two parts, when the introduction mentions the theoretical overview of selection system duration and it comes to company introduction, when in the second part the obtained offers are refered to, together with the parameters inserted by producer. In the conclusion, the thesis deals with comparison of machines and the introduction of the best offer including its choice rationalization.

OBSAH

	strana
Seznam použitých značek a symbolů	7
0. Úvod	8
1. Obecná charakteristika řešené problematiky, základní pojmy.....	9
1.1 Obecná charakteristika.....	9
1.1.1 Konzolové.....	9
1.1.2 Stolové	10
1.1.3 Speciální.....	11
1.1.4 Rovinné.....	13
1.2 Základní pojmy	18
2 Analýza současného stavu, vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků na CNC frézovací portálové centrum.....	24
2.1 Historie a údaje o společnosti	24
2.1.1 Vývoj firmy.....	24
2.2 Současnost	25
2.3 Firemní hodnoty.....	26
2.4 Analýza	27
2.5 Požadavky firmy	29
3 Návrhy variant řešení na základě zvolených kritérií	30
3.1 FIRMA A	30
3.2 FIRMA B	31
3.3 FIRMA C	33
3.4 FIRMA D.....	34
3.5 FIRMA E	36
3.6 FIRMA F.....	37
4 Komplexní posouzení navrhovaných variant řešení a výběr optimální varianty.....	41
4.1 Navrhovaná varianta řešení <i>SOMA</i>	41
4.2 Vlastní navrhovaná varianta řešení.....	42
5 Zhodnocení navrženého řešení	53
6 Závěr	54
7 Seznam použité literatury	55
8 Seznam příloh.....	58

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

p	Počet expertů
m	Počet kritérií
β_{kj}	„Známka“ přiřazená k-tým expertem j-tému kritériu kritérií
h_{bj}	Hodnota j-tého kritéria u bazické varianty
h_{ij}	Hodnota j-tého kritéria u i-té varianty
B_j	Koeficient významnosti j-tého kritéria

0. ÚVOD

Strojírenský průmysl patří k nejnáročnějším průmyslovým odvětvím České republiky. V každé strojírenské výrobě se uplatňuje dlouhá výrobní tradice. Pro hospodářství má rozhodující význam pro tvorbu hrubého domácího produktu, zahraničně obchodní bilanci i pro vytváření pracovních míst. Toto odvětví také poukazuje na hospodářskou vyspělost státu. Dnes je tento průmysl zastoupen ve všech částech republiky.

Když se rozhlédneme kolem sebe, uvidíme na spoustě předmětů stopy práce obráběcích strojů, počínaje televizí, telefonem, automobilem a na dalších produktech, které jsou klíčové pro naši existenci (turbína, potravinářské stroje aj.). Ve strojírenské výrobě je hlavním trendem vyloučit z pracovního cyklu lidskou obsluhu a tím snížit vedlejší časy a zvýšit produktivitu práce. Za těchto podmínek se dostávají na řadu CNC obráběcí centra, která nahrazují klasické obráběcí stroje. Počítačem řízené obráběcí stroje mají vyšší pořizovací náklady, které jsou nám navraceny díky nízkým výrobním nákladům vyráběných součástí. Stroje snižují své náklady především tím, že jsou přizpůsobivé měnícímu se sortimentu součástí a dále snižují náklady svým konstrukčním principem, který je velice spolehlivý a přizpůsobený pro práci na třísměnný provoz. Výhodou těchto strojů je fakt, že pracují v automatickém cyklu a tím snižuje vedlejší časy. Směr vývoje obráběcích strojů ovlivňují především faktory výrobního procesu. Jedním ze směrů vývoje těchto strojů je automatizace provozu stroje. Automatizace je prováděna z důvodu zvýšení kvality výrobků, zvýšení výrobní kapacity, zajištění spolehlivosti a zlepšení pracovního prostředí.

Cílem práce je pomoci firmě *SOMA* dle zaslaných nabídek vybrat správné portálové CNC centrum, které by vyhovovalo podmínkám firmy. Firma požaduje bezporuchové zařízení pro nepřetržitý provoz, který je ve firmě převládající, s danými technickými parametry.

1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY, ZÁKLADNÍ POJMY

1.1 Obecná charakteristika

Frézky jsou obráběcí stroje, které patří mezi nejvýkonnější a nejrozšířenější. Jsou určeny pro obrábění rovinných ploch, zakřivených drážek, vrtání děr a závitů. V dnešní době můžeme frézovat vysoce produktivním způsobem z důvodu použití výkonných nástrojů, které mohou být vyrobeny ze slinutých karbidů nebo řezných keramických destiček. [1]

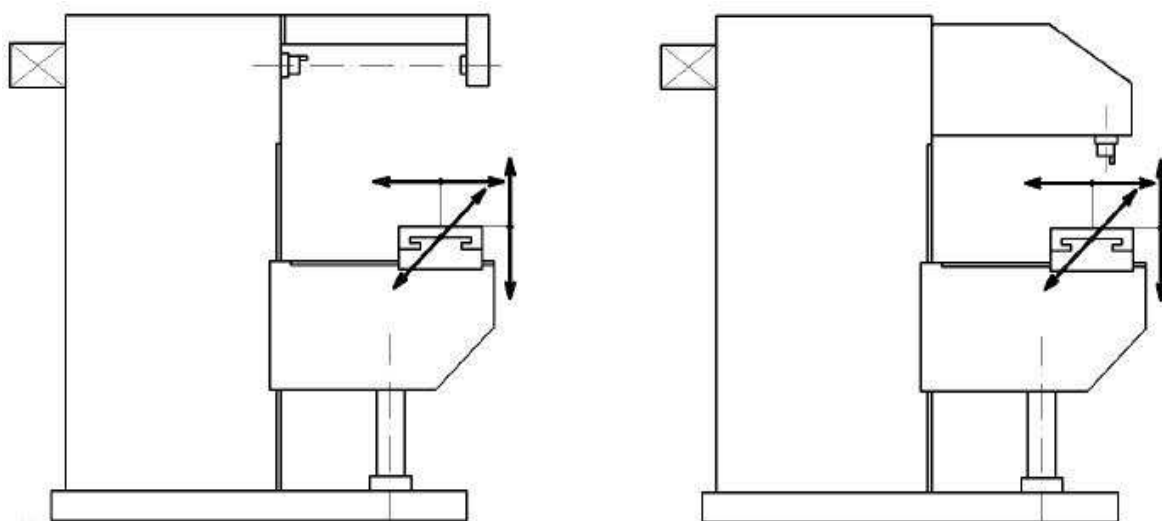
Podle konstrukční koncepce a druhu frézovacích operací se rozdělují na tyto druhy:

1.1.1 Konzolové

Hlavní částí těchto strojů je výškově nastavitelná konzola, která se pohybuje po stojanu. Na konzole se pohybuje příčný stůl spolu s pracovním. Tato kombinace pohybů nám umožňuje upnutí obrobku ve třech směrech. Konzolové frézky jsou vhodné pro frézování rovinných a tvarových ploch u menších a středně velkých obrobků.

Vyrábějí se ve třech variantách:

- vodorovné
- svislé
- univerzální [2]



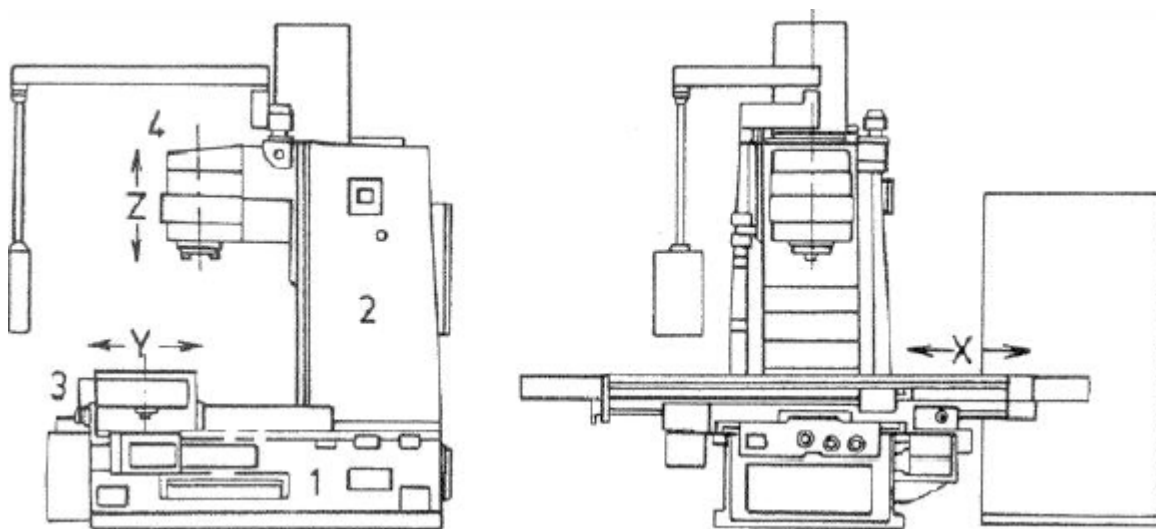
Obr. 1.1 Svislá a vodorovná konzolová frézka [1].

1.1.2 Stolové

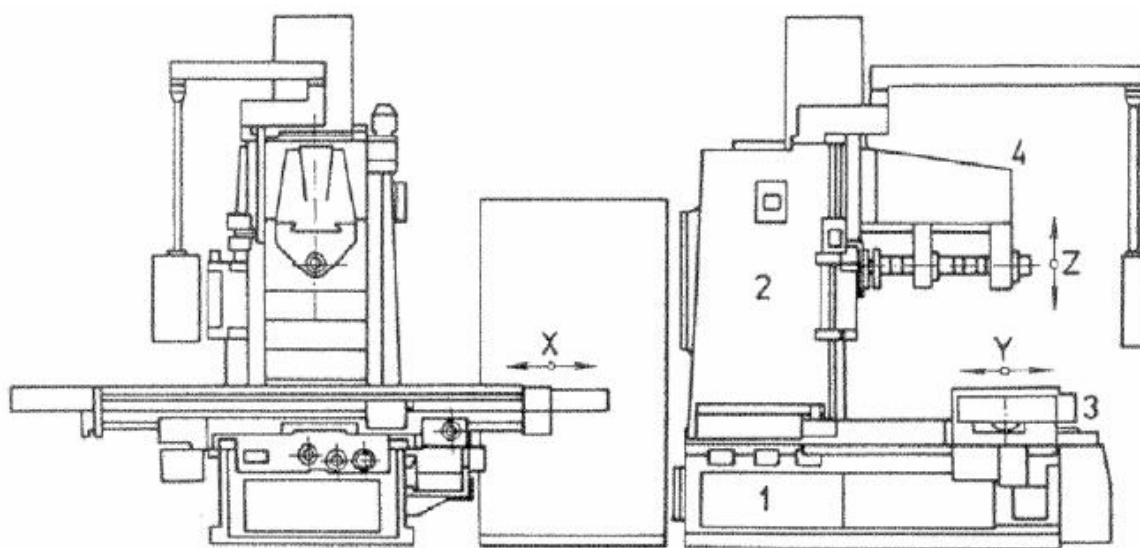
Novější typ frézovacích strojů, které v určitých oblastech nahrazují frézky konzolové. Hlavní výhodou je, že výška upínací plochy stolu se nemění. Mají větší tuhost a pracovní přesnost. Vhodné pro obrábění rozměrnějších a těžších součástek.

Vyrábění se ve třech variantách:

- vodorovné
- svislé
- s revolverovou hlavou [1]



Obr. 1.2 Svislá stolová frézka [1].

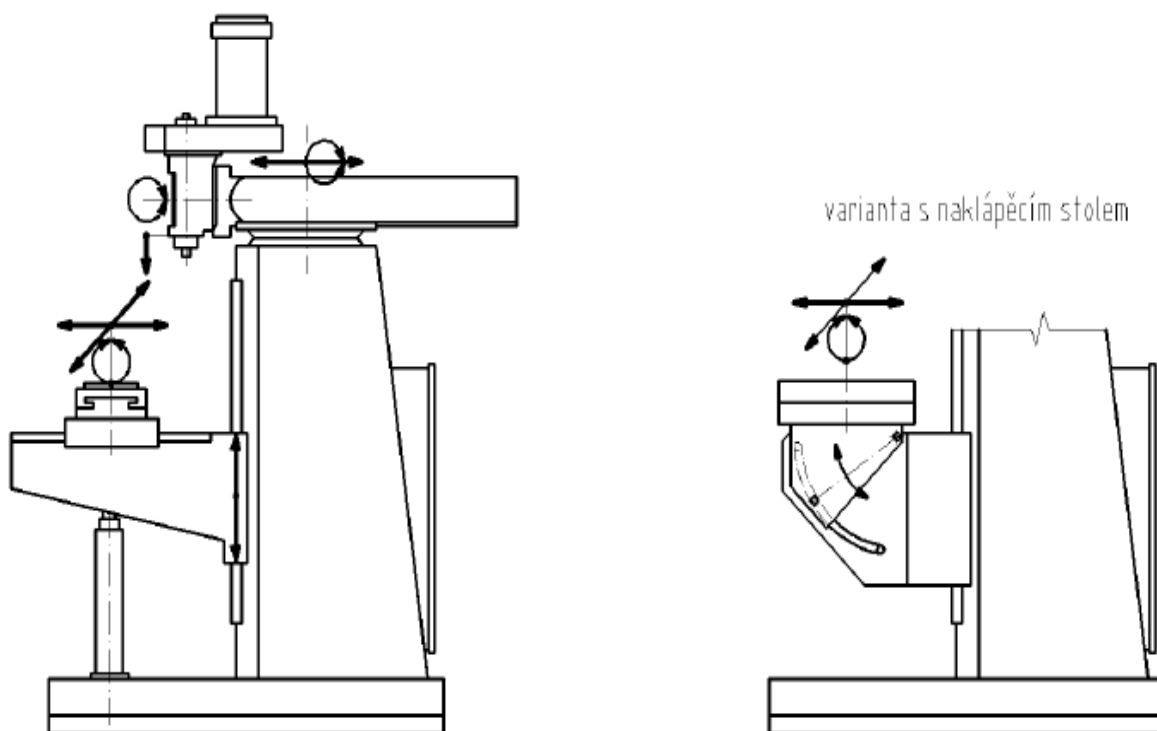


Obr. 1.3 Vodorovná stolová frézka [1].

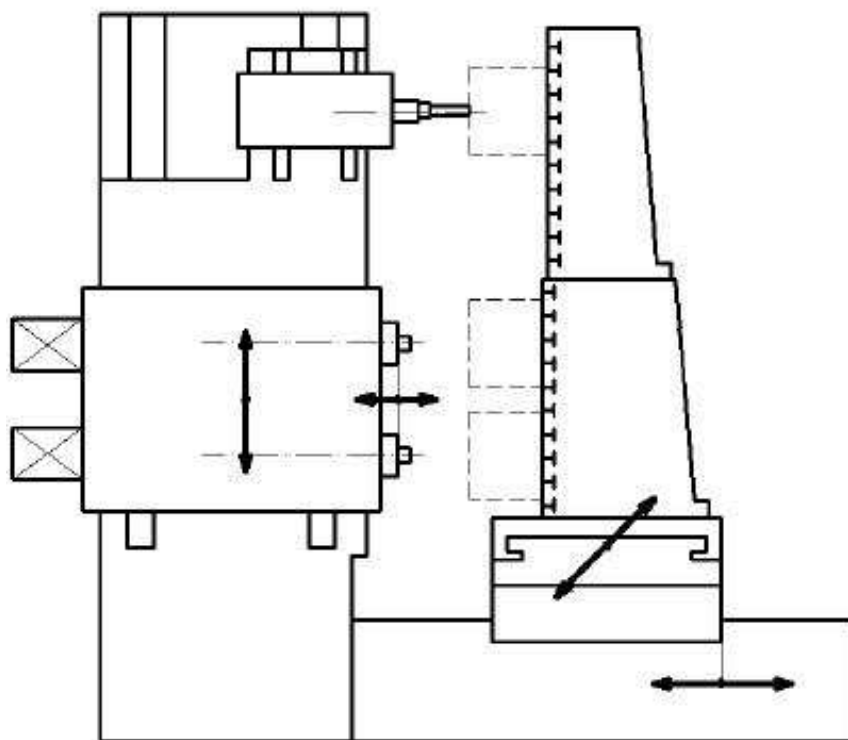
1.1.3 Speciální

Jsou vyráběny pro určitý specifický obrobek nebo pro technologickou operaci. Dále budou uvedeny jen často využívané koncepční varianty.

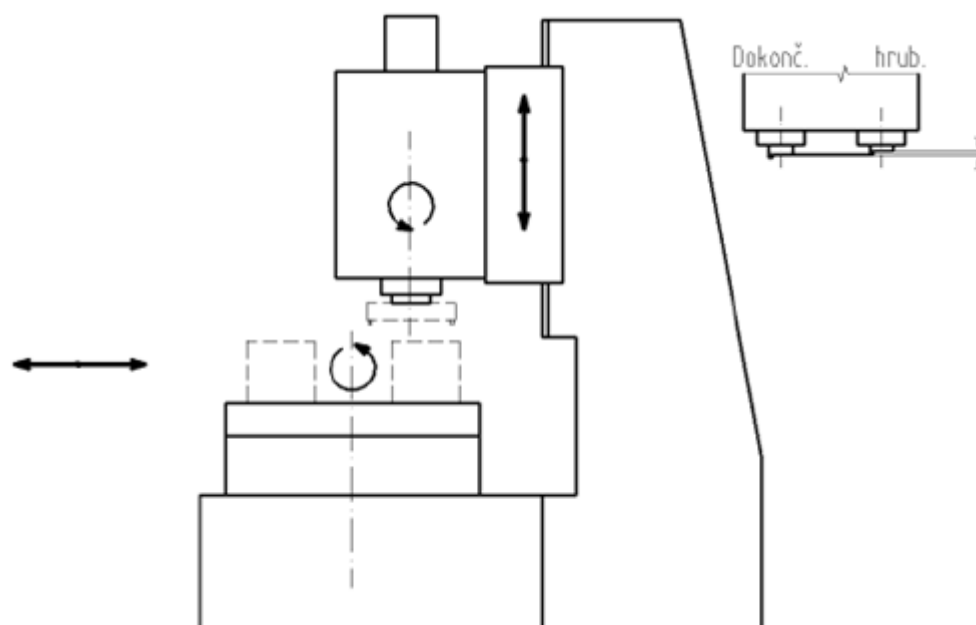
- nástrojařské
- kopírovací
- karuselové
- bubnové
- frézky na závity
- frézky na drážky
- frézky na ozubení
- frézky na vačky [1]



Obr. 1.4 Nástrojařská frézka [1].



Obr. 1.5 Kopírovací frézka [1].



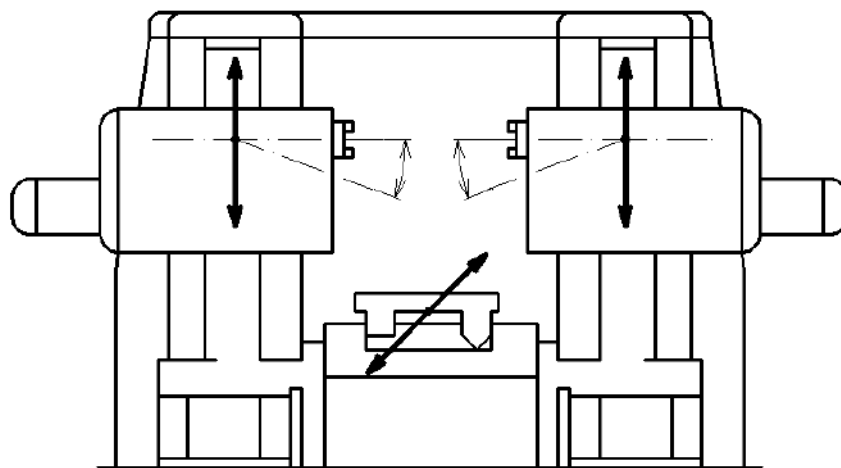
Obr. 1.6 Karuselová frézka [1].

1.1.4 Rovinné

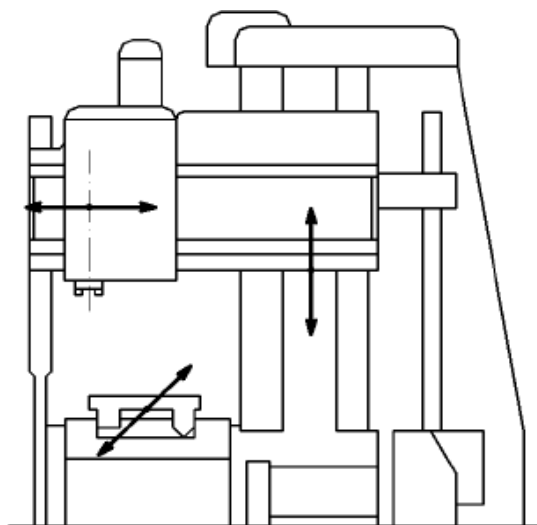
Nejvýkonnější druh frézek. Mají mohutnou konstrukci a tím umožňují obrábění těžkých a rozměrných obrobků. Pracovní stůl je uložen po celé délce na pevném loži a spolu s obrobkem koná podélný pracovní posuv. Přísuv nebo posuv koná vřeteník nebo vřeteno, ve kterém je upnut nástroj. Rovinné frézky se vyznačují velkým výkonem i geometrickou přesností obrobené plochy.

Frézky se dělí na:

- vodorovné jednostranné a dvoustranné
- s výložníkem
- portálové [1]



Obr. 1.7 Vodorovná frézka s příčnickem a dvěma naklápěcími vřeteny [1].



Obr. 1.8 Frézka s výložníkem a jedním svislým vřeteníkem [1].

Portálová CNC centra

Patří mezi nejčastěji používané. Jsou to univerzální frézovací stroje pro vysoce přesné a produktivní obrábění vodorovných, svislých a tvarových ploch od malých až po velmi objemné a těžké obrobky. Tyto obrobky mohou být rozměrné formy, zápustky, svařence nebo odlitky z různých materiálů. Podle polohy vřetena jsou tyto centra vertikální.

Podle konstrukce rozlišujeme tři koncepce portálových frézek:

- koncepce typu horní gantry
- koncepce typu spodní gantry
- koncepce typu s pojízdným stolem [3]

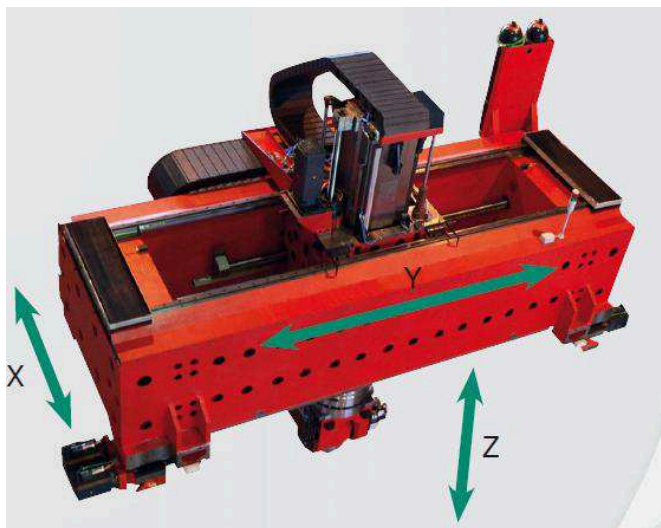
Koncepce typu horní gantry



Obr 1.9 Portálová frézka typu horní gantry [4].

Hlavním prvkem je portál, který se skládá ze dvou stojanů nahoře spojených pohyblivým příčnickem. Jeho hlavní funkce je nosná. Jsou na něm připevněny saně, motor, pohon saní apod. Stojany se vyrábějí jako svařenec nebo odlitek, oba jsou nepohyblivé, spojeny se stolem. Stojany jsou po celé délce stolu, tudíž tvoří stěny stroje.

Na nepohyblivých stojanech jsou uložena vedení, po kterých se pohybuje příčník v ose X. Na příčníku se nachází smykadlo, které se po příčných saních pohybuje ve směru osy Y. Smykadlo může být uloženo na příčníku ve dvou variantách. V první variantě je uloženo z boku příčníku, ve druhé variantě uvnitř příčníku (box in box). Smykadlo obsahuje vřeteník. Vřeteník slouží k upnutí řezného nástroje nebo vřetenové hlavy.



Obr. 1.10 Uložení smykadla typu box-in-box [5].

Koncepce typu spodní gantry



Obr. 1.11 Portálová frézka typu spodní gantry [6].

Hlavním znakem této frézky je pevný stůl. Od koncepce horní gantry se liší pojezdem celého portálu včetně dvou stojanů i s příčnickem. Tyto frézky se využívají pro obrábění forem, zápusťek a jiných tvarově složitých součástí, které se musí obrábět pomocí tří až pěti souvislých os. Pevný stůl umožňuje upnutí těžkých i rozměrných obrobků a zajišťuje stálé dynamické poměry.

Koncepce typu s pojízdným stolem



Obr. 1.12 Portálová frézka typu s pojízdným stolem [7].

Hlavním znakem této frézky je pevný portál a pohyblivý stůl. Stůl se pohybuje po loži ve směru osy X. Někdy pracovní stůl lze na přání zákazníka doplnit o druhý pracovní stůl, který se pohybuje po stejném vedení. Výhodou druhého stolu je, že na jednom stole lze obrábět obrobek a na druhém upínat další pro frézování. Toto upínání ušetří pracovní čas. Další variantou jsou vyměnitelné stoly pomocí integrované paletizace. Na konci lože jsou takzvané dva boxy. Jeden vpravo a druhý vlevo, případně vpředu. První pracovní stůl má připevněný obrobek, který se obrábí. Jakmile je obrobek hotov, dojde k výměně stolů.

Vřetenové hlavy

Vyrábějí se přímé, úhlové a univerzální.



Obr. 1.13 Přímá hlava [8].



Obr. 1.14 Úhlová hlava [9].



Obr. 1.15 Univerzální hlava
pro 5ti-osé obrábění [10].



Obr. 1.16 Úhlová 45stupňová hlava [11].



Obr. 1.17 Úhlová 90stupňová hlava [12].

Úhlová hlava se od přímé liší tím, že vřeteno hlavy je úhlově nastavitelné nebo už je pod určitým úhlem, jako je například 45stupňová hlava. To nám umožňuje při upnutí obrobku obrábět složité součástky, které ostatní stroje neumí. Univerzální hlava navíc umožňuje plynulé nastavování v ose B a C, které může být i v krocích, např. po 2,5°, po 10° apod.

1.2 Základní pojmy

Výběrové řízení

Formalizovaný postup, prostřednictvím kterého je představen, vybírán a hodnocen dodavatel pro vyhlášenou zakázku nebo konkrétní osoba pro obsazení významné pracovní pozice či funkce. Výběrové řízení začíná uveřejněním oznámení o zahájení zadávacího řízení nebo výzvou. Skládá se z pěti fází, zveřejnění zadání, odevzdání obálek, otevření obálek, posouzení nabídek a zveřejnění výsledků. [13]

Výrobní program

Výrobním programem rozumíme sortiment a objem výroby, které se mají vyrábět v určitém období. Výrobní program se neustále mění v důsledku vyřazování starých a zařazování nových výrobků. Rychlost změn je závislá především na příslušnosti podniku k určitému odvětví. Hlavní informace pro plánování výrobního programu poskytuje plán odbytu. Jeho požadavky jsou porovnávány s výrobními kapacitami. Sestavuje se obvykle krátkodobý a dlouhodobý plán. Dlouhodobý plán zajišťuje zásadní změny výrobního programu, které vyžadují novou technologii, jiné pracovní postupy a pracovníky. Krátkodobý plán vychází z existujících výrobních technologií, ze struktury pracovníků a současných finančních zdrojů. [14]

Rozhodovací metody

Rozhodnutí - výběr ze dvou či více alternativ, je přijímáno na všech úrovních a ve všech oblastech organizace.

Rozhodovací proces - soubor osmi kroků; začíná identifikací problému a končí rozhodnutím a následným hodnocením, jak bylo dané rozhodnutí efektivní. [15]

Tab. 1.1. Postup rozhodování [15]

1. krok	Identifikace problému - skutečnost se liší od požadovaného stavu
2. krok	Identifikace rozhodovacích kritérií - stanovení, co je důležité z hlediska rozhodování, čemu dáváme přednost, co ovlivní naše konečné rozhodování
3. krok	Přiřazení váhy jednotlivým kritériím - např. 10 - nejdůležitější, 1 - nejméně důležité
4. krok	Formulování alternativ - vytvoření seznamu možných alternativ
5. krok	Analýza alternativ - zhodnocení alternativ, slabé a silné stránky každé alternativy
6. krok	Výběr alternativy
7. krok	Implementace alternativy - přenesení rozhodnutí k lidem, kterých se bude týkat, za účelem získání jejich souhlasu
8. krok	Hodnocení efektivity rozhodnutí

Tab. 1.2. Základní druhy rozhodovací procesů [15]

1.	Časový horizont	<ul style="list-style-type: none"> - operativní - jednotlivé kroky mají rutinní charakter - taktické - problémy střednědobého charakteru - strategické - dlouhodobý charakter
2.	Míra důležitosti	- souvisí s organizační a řídicí úrovní problémů
3.	Míra složitosti	<ul style="list-style-type: none"> - vysoce důležité - složitá rozhodovací situace - jednoduché - jednoduché problémy
4.	Přístup k analýze	<ul style="list-style-type: none"> - deskriptivní - „Co bylo?“ „Co je?“ - prognostické - „Co by mohlo být?“ - normativní - „Co by mělo být?“
5.	Časový faktor	<ul style="list-style-type: none"> - statické - není respektován - dynamické - je respektován
6.	Věcný obsah	

Metody pro rozhodování

Prvky rozhodovacího procesu

Subjekty rozhodování - vedoucí pracovníci, týmy, celé řídicí jednotky.

Objekty rozhodování - část objektivní reality, v rámci které byl definován problém.

Cíle rozhodování - vázány na požadovanou strukturu nebo chování systémů nebo jejich prvků.

Kritéria rozhodování - hlediska zvolená odborníkem nebo skupinou odborníků, podle kterých se posuzuje přijatelnost jednotlivých variant.

Kritéria se dělí na 2 typy:

Typ výnos - čím větší hodnota kritéria, tím lépe

Typ náklad - čím menší hodnota kritéria, tím lépe

Rozhodovací situace

- za jistoty - úplné informace
- za nejistoty - nedostatečné informace
- za rizika - neúplné informace

A) Rozhodování za jistoty

Mezi metody, které můžeme použít, patří např.:

- metoda vážených dílčích pořadí,
- metoda PATTERN,
- metoda vážená bodovací,
- metoda bazická atd.

Z výše uvedených metod byla vybrána metoda bazická, proto je zde uveden její postup.

Postup:

1. Zjistíme potřebné informace k jednotlivým kritériím
2. Vytvoříme fiktivní hodnotu kritérií jako průměrnou hodnotu z všech variant.
3. Provedeme dílčí porovnání všech variant s variantou bazickou.

Pro kritéria typu náklady:

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (1.1)$$

Pro kritéria typu náklady:

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j \quad (1.2)$$

h_{bj} - hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} - hodnota j-tého kritéria u i-té varianty

B_j - Koeficient významnosti j-tého kritéria

4. Pomocí uvedeného vztahu vypočítáme relativní účinnost

$$S_j = \sum_{j=1}^{j=m} z_{ij} \quad (1.3)$$

m - počet kritérií

5. Vyhodnotíme bazickou variantu podle S_j , tak že největší hodnotu relativní účinnosti má varianta nejlepší.

Nejdříve však musíme stanovit koeficient významnosti vybraných kritérií. Koeficient významnosti můžeme stanovit různými metodami např.:

- metodou pořadí,
- metodou porovnávání v trojúhelníku párů,
- metodou známkování.

Z výše uvedených metod byla vybrána metoda známkování, proto je zde uveden její postup.

Postup:

1. Jednotliví experti oznámkují jednotlivé kritéria známkami od 0 do 10. Čím má kritérium větší hodnotu ohodnocení tím je významnější.
2. Hodnocení jednotlivých expertů zapíšeme do tabulky
3. Provedeme výpočet dle uvedených vzorců

p - počet expertů

m - počet kritérií

β_{kj} – „známka“ přiřazená k-tým expertem j-tému kritériu

„dílní váha“ j-tého kritéria u k-tého experta
$$p_{kj} = \frac{\beta_{kj}}{\beta_j} \quad (1.4)$$

$$\beta_j = \sum_{k=1}^m \beta_{kj} \quad (1.5)$$

koeficient významnosti j-tého kritéria

$$B_j = \sum_{k=1}^m p_{kj} \quad (1.6)$$

B) Rozhodování za nejistoty a rizika

V rozhodování můžeme použít různá kritéria, která mohou být nápomocná. Mezi obecně používaná kritéria patří např.:

- Kritérium MAXIMAX
- Kritérium MINIMAX
- Hurwiczovo kritérium
- Savageovo kritérium
- Laplaceovo kritérium
- Bayesovo kritérium [16]

Návratnost vložených investic

Tradiční metoda hodnocení efektivnosti investičních variant, často používaná, srozumitelná, ale z teoretického hlediska méně vhodná.

Dobu návratnosti můžeme definovat jako počet let, za který se kapitálový výdaj zaplatí peněžními příjmy z investic. [17]

Návratnost vložených investic je dána vzorcem:

$$NVI = \frac{\text{hodnota investice}}{\sum \text{úspora nákladů}} \quad (1.7) \quad [17]$$

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU, VYHODNOCENÍ ANALÝZY, IDENTIFIKACE PROBLÉMŮ, SPECIFIKACE POŽADAVKŮ NA CNC FRÉZOVACÍ PORTÁLOVÉ CENTRUM

2.1 Historie a údaje o společnosti

Společnost *SOMA* je dynamicky se rozvíjející firmou, která má stabilní výrobní program a vlastní know-how, tvořící hlavní pilíře úspěšného a dlouhodobého rozvoje firmy.

Výrobní program, který firma nabízí už od počátku devadesátých let, lze rozdělit na dvě základní části. První se zabývá výrobou vysoce kvalitních jednoúčelových zařízení podle přání zákazníka. Ve druhé části se firma zabývá vývojem a výrobou vysoce kvalitních strojů na potisk a zpracování materiálu, převážně flexotiskových strojů, podélných řezaček, příčných řezaček, vysekávacích automatů a laminátorů.

Díky technickému oddělení firmy *SOMA* můžeme vyrábět jednoúčelové stroje i podle dokumentace zákazníka. Zakázky mohou být přijaty jak formou dílčích úkolů tak jako celkový projekt. Spojení mezi zákazníkem a řešiteli má na starosti pověřený vedoucí úkolu. Tento vedoucí dohlíží na projekt během celého období od počátku objednávky až po nainstalování vyzkoušeného stroje do výroby, tímto vzniká výhoda přímého kontaktu a návaznosti.

Společnost se stále rozrůstá, byly vybudovány nové haly, administrativní, technologické budovy a školicí centra. Školicí centra poskytují zákazníkům možnost otestování nejnovějších metod flexotiskových strojů, strojů na zpracování flexibilního obalového materiálu od společnosti *SOMA*. Společnost *SOMA* také poskytuje výborné zázemí pro školení operátorů ve spolupráci s předními odborníky. Významné aktivity způsobují, že se firma každoročně účastní řady výstav po celém světě, zejména v západní i východní Evropě, USA a Kanadě. [18]

2.1.1 Vývoj firmy

1890 - 1948	Schopper - Stodolowski textilní výroba
1956 - 1992	oddělení automatického řízení <i>TESLA</i> - výroba a vývoj řezaček pro svitkové kondenzátory pro elektrotechnický průmysl.

1992	vznik <i>SOMA Engineering</i> , výroba jednoúčelových strojů
1993	nový výrobní program - flexotiskové jednotky pro potisk archů, vysekávací automaty, příčné řezačky
1995	flexotiskový stroj s centrálním válcem
2001	nová generace řezaček Planet family
2002	UV flexotiskový stroj s centrálním válcem
2004	bezředitlový laminátor
2005	nové prostory (výrobní a administrativní)
2006	<i>SOMA FLEX CASINGS</i> - navržen pro potisk drahých materiálů
2007	<i>SOMA FLEX MIDI II</i> - vyvinutý podle přání zákazníka
2008	<i>SOMA FLEX IMPERIA 10C</i> - první desetibarevný stroj
2009	<i>SOMA FLEX IMPERIA 8CL</i> - potisk velkých obalů
2012	<i>SOMA GLOBE</i> - vznik technologického a školicího centra [18]



Obr. 2.1 *SOMA* [18].

2.2 Současnost

V současnosti je firma *SOMA* jednou z nejvýznamnějších firem regionu a zaměstnává 210 zaměstnanců na různých pracovních pozicích.

Produkce firmy *SOMA* je cca 8 flexotiskových strojů, 4 laminátory a 35 podélných řezaček ročně. Trend je mírně rostoucí, ale vzhledem k tomu, že krize v průmyslu ještě nebyla zcela zažehnána, počítá se v jednotkách procent.

Firma *SOMA* disponuje komplexní obráběcí technologií pro výrobu téměř všech dílů potřebných pro svůj výrobní program včetně strategických součástí. Na obrobně se tedy kromě řady klasických obráběcích strojů nachází i několik tří- až pětiosých frézovacích center a soustruhů s CNC řízením, brusky na plocho i na kulato. V samostatné hale je umístěno pětiosé portálové frézovací centrum *Zayer KPCU 5000 AR* s rozsahem pojezdů 5000x3550x1250 mm.

Dále je ve firmě *SOMA* moderně vybavené stanoviště kontroly, disponující mimo jiné portálovým souřadnicovým měřicím strojem *Wenzel*, na kterém lze měřit dílce až do délky 3000 mm.

Ve dvou montážních halách probíhá montáž flexotiskových strojů, laminátorů a menších strojů (vysekávačky, *FLEXMONT*), montáž podélných řezaček nyní probíhá ve 2. podlaží nové budovy *SOMA GLOBE*. V této budově byl nově zřízen také showroom, ve kterém je v provozu flexotiskový stroj *PREMIA*, laminátor *LAMIFLEX E* a podélná řezačka *VENUS III*, které slouží k testům pro zákazníky.

2.3 Firemní hodnoty

Tradice

Firma *SOMA* se z tradičního místního výrobce jednoúčelových strojů vypracovala v uznávanou mezinárodní firmu ve flexografickém obalovém průmyslu. Firma se úspěchům těší zejména díky jasným vizím, odhodlání a průbojnosti zakladatele.

Kvalita

Vysoce kvalitní stroje jsou zárukou dlouholetého úspěchu. Spolehlivost, výkon, snadná ovladatelnost a náklady na údržbu všech produktů jsou hlavními prvky, kde kvalita a zpracování hrají důležitou roli. Všechny součástky použité na výrobu strojů jsou vyráběny v našem podniku s důrazem na přesnou výrobu dílů, pečlivou montáž a kontrolu kvality na všech úrovních výrobního procesu.

Spokojenost zákazníků

Společné hodnoty a vzájemná důvěra mezi firmou a odběrateli jsou základem úspěšného a dlouhodobého obchodního partnerství. Cílem firmy *SOMA* je poskytovat vysoký standard služeb a jeho nedílnou součástí je péče o zákazníka s osobním přístupem ke každému po celou dobu životnosti stroje. Nákupem stroje firmy *SOMA* získává zákazník automaticky přístup na *SOMA SERVIS CENTRUM*, kde je tým specialistů vždy ochoten zodpovědět jakékoliv dotazy.

Hi-Tech

Vynalézavost je hnacím motorem lidstva. Firma *SOMA* neustálou snahou o zdokonalování všech výrobních procesů zvyšuje hodnotu svých produktů a tím přispívá k růstu obalového průmyslu. To společně s jednoznačně definovanou zodpovědností vůči zákazníkům představuje hlavní klíč k úspěchu.

Udržitelnost

Firma *SOMA* má jasné plány do budoucna: Chce se stát předním světovým dodavatelem produktů a služeb pro jakéhokoliv zákazníka flexografického obalového průmyslu. Neustále se přibližuje cíli tím, že ve všech oblastech jejího působení dbá na zachování udržitelnosti zdrojů a odpovědnosti. Koneckonců udržitelnost je pro firmu *SOMA* investicí do budoucna. [19]

2.4 Analýza

Pro správný výběr CNC portálového centra bylo potřeba provést analýzu, ve které budou popsány klady a zápory jednotlivých koncepcí. Vzhledem k tomu, že firma vlastní už jedno CNC portálové centrum, můžou být na základě četných zkušeností a sledování funkčnosti stroje popsány níže uvedené výhody a nevýhody, které se přímo vztahují k firmě *SOMA*.

Tab. 2.1. Výhody a nevýhody jednotlivých koncepcí

Koncepce	Výhody	Nevýhody
horní gantry	<ul style="list-style-type: none"> - Vysoká geometrická přesnost - Nepohyblivý stůl (větší nosnost) - Prostorová nenáročnost v ose X - Dynamika (v záv. na hmot. přič.) 	<ul style="list-style-type: none"> - Menší stabilita při těžkém obrábění (při silném záběru dochází k určitému klopení příčnicku) - Omezenost v ose Y (pojezd smykadla je ohraničen stěnami)
spodní gantry	<ul style="list-style-type: none"> - Prostorová nenáročnost v ose X - Velmi snadno lze postavit stroj s velkým pojezdem v ose X - Lepší přístup k upínací ploše 	<ul style="list-style-type: none"> - Menší přesnost (horší stabilita portálu) - Omezená kapacita zásobníku nástrojů (pojízdný portál si je musí vozit s sebou) - Omezena kapacita zásobníku na výměnné vřetenové hlavy (pojízdný portál si je musí vozit s sebou)
pojízdný stůl	<ul style="list-style-type: none"> - Možnost zapojení druhého stolu - Lepší přístup k upínací ploše - Dobrá geometrická přesnost - Velký pojezd v ose X - Velmi tuhá koncepce, vhodná i pro těžké obrábění 	<ul style="list-style-type: none"> - Dynamika obrábění (pohyb stolu s obrobkem v ose X je obrovská váha) - Velká prostorová náročnost v ose X (tím, že pojíždí stůl, je celý stroj hodně dlouhý)

2.5 Požadavky firmy

Každá firma požaduje od stroje trochu rozdílné parametry v závislosti na konkrétním výrobním postupu, firma *SOMA* vyrábí rozměrné součástky s důrazem na přesnost, proto jsou pro ni určující tyto požadavky:

- Vysoká polohovací, opakovatelná i geometrická přesnost
- Vyměnitelné vřetenové hlavy (aby nebylo nutné zcela odstavit stroj v případě poruchy jedné z hlav)
- Automatická kompenzace vřetenových hlav
- Stroj se rozměry musí přizpůsobit velikosti haly
- Obrobitelnost určitých dílců (co do velikosti)
- Garance výroby určitých dílců v požadovaných tolerancích
- Obrobková sonda pro 3D měření členitých a složitých povrchů a dílců
- CNC řídicí systém Heidenhain iTNC 530

Firma si je vědoma, že vyrábí hodně složité díly. Aby bylo možné koupit stroj, který dokáže tyto díly vyrobit, rozhodla se firma po důkladném uvážení investovat do tohoto projektu částku kolem 30 milionu korun.

3 NÁVRHY VARIANT ŘEŠENÍ NA ZÁKLADĚ ZVOLENÝCH KRITERIÍ

Po vyhlášení výběrového řízení byly zaslány od různých evropských a českých firem nabídky na portálová CNC centra. Jednotlivé cenové nabídky s parametry stroje budou následně rozebrány.

Nabídky jednotlivých firem

3.1 FIRMA A

Podle požadavků byla zaslána nabídka na portálové obráběcí centrum s výměnnými hlavami VM 8535 [20].

Hlavní znaky:

- tuhý 5-osý stroj, cíleně zkonstruovaný pro přesné a tuhé obrábění
- uzavřená konstrukce příčnicku s uvnitř uloženým smykadlem a vřetenovou jednotkou
- stabilní termosymetrické vedení
- provedení stroje jako horní gantry pro vysokou dynamiku a přesnost obrábění
- hrubování i dokončování na jedno upnutí
- 5-osé obrábění na jedno upnutí
- dokončovací i těžké hrubovací obrábění výměnnými vřetenovými hlavami
- velmi kompaktní stroj, velký pracovní prostor při poměrně malém nároku na zastavěnou plochu
- ergonomické uspořádání - snadná obsluha a přístup do pracovního prostoru

Provedení pro firmu *SOMA*:

- smykadlo s integrovanou C-osou pro kontinuální obrábění a rozhraním pro automatické připojení vřetenových hlav
- provedení stroje se dvěma pracovními prostory pro současné upínání obrobku i obrábění

- přímá vřetenová hlava *S1M* s 1000 Nm a 2 500 ot/min, upínání *HSK - A100*
- dvouosá vřetenová hlava *F5M* s 350 Nm a 10 000 ot/min, upínání *HSK - A100*
- přívod chladicí kapaliny pro tepelnou stabilizaci vřeten ve vřetenových hlavách
- chlazení nástrojů středem vřetene vzduchem
- pevný stůl stroje k upínání obrobků
- CNC řídicí systém *Heidenhain iTNC 530*
- přímé odměřování ve všech osách
- 2x řetězový zásobník na 50 nástrojů
- lamelové dopravníky třísek se zvýšeným výhozem
- kompletní krytování pracovního prostoru včetně horního textilního krytování

Tab. 3.1. Technické parametry stroje *VM 8535* [20]

Pracovní pojezdy	osa X	8 500 mm
	osa Y	3 500 mm
	osa Z	1 250 mm
Rychlost posuvu	osa X	25 000mm/min
	osa Y	25 000mm/min
	osa Z	25 000mm/min
Upínací plocha stolu	8 500 x 3 800 mm	
Nosnost stolu	max. 7 000 kg/m ²	
Hmotnost stroje	67 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,015 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,008 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	105 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	44 525 500 Kč	

3.2 FIRMA B

Další česká firma zaslala nabídky, kde nám představuje dva jejich stroje. Obráběcí centrum s pojízdňým příčnickem ve variantě *FPPC 350/12 CNC* [21] a *FPPC 400/12 CNC* [21].

Provedení výrobku

Firmou nabízené obráběcí centrum *FPPC* je stroj s koncepcí horní gantry a pevným stolem pro upínání obrobku. Stůl je tvořen litinovými základovými deskami, které jsou standardně doporučeným příslušenstvím stroje.

Stroj je standardně řízen řídicím systémem *Heidenhain iTNC 530* ve třech základních osách – X (podelný pohyb příčnicku), Y (příčný pohyb saní a smykadla) a Z (svislý pohyb smykadla). Obráběcí centrum je osazeno systémem automatické výměny svislého vřetena a 2osé automatické indexované vřetenové hlavy. Pracovní prostor stroje je koncipován s možností variabilního rozdělení na 2 oddělené pracovní prostory s přístupem na jeden společný zásobník nástrojů.

Stroj je zakrytován, pracovní prostor může mít posuvný strop. Přístup do pracovního prostoru je přes vstupní vrata v čele upínacího pole. Standardním příslušenstvím jsou mimo jiné dva podélné dopravníky třísek. Stroj je dle přání zákazníka vybaven automatickou výměnou nástrojů, vnějším i vnitřním (středem vřetena) chlazením nástrojů nebo jiným volitelným příslušenstvím.

Tab. 3.2. Technické parametry stroje ve variantě *FPPC 350/12 CNC* [21]

Pracovní pojezdy	osa X	12 000 mm
	osa Y	3 500 mm
	osa Z	1 500 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	20 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	20 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	20 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	3 750 x 12 400 mm	
Nosnost stolu	3 000 kg.m ⁻²	
Hmotnost stroje	100 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,030 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,013 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	Max. 120 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	34 676 000 Kč	

Tab. 3.3. Technické parametry stroje ve variantě *FPPC 400/12 CNC* [21]

Rozsah pracovních posuvů	osa X	12 000 mm
	osa Y	4 000 mm
	osa Z	1 500 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	20 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	20 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	20 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	3 750 x 12 400 mm	
Nosnost stolu	3 000 kg.m ⁻²	
Hmotnost stroje	105 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,030 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,013 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	Max. 120 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	35 651 000 Kč	

3.3 FIRMA C

Německá firma zaslala nabídku na stroj *Heynuform 3500* [22].

Řada *Heynuform* je navržena pro optimální průběh obrábění, formování a pro výrobu nástrojů a forem.

Základem vylepšené řady *Heynuform* je stabilní základ s upínacími deskami a betonovými bočními stěnami. X-lože je vyrobeno z termostabilního kompozitního materiálu a společně s komponenty pohonu je chráněno kryty. Nově vyvinuto je tepelně stabilizované smykadlo s centrálně řízenou vřetenovou hlavou.

Základní konfigurací stroje je řídicí systém *Heidenhain iTNC530HSCI*, který je určen pro CNC obrábění ve 3 nebo 5 osách. Osa C je integrována ve smykadle spolu s vřetenovými hlavami.

Tab. 3.4. Technické parametry stroje *Heynuform 3500* [22]

Pracovní pojezdy	osa X	9 000 mm
	osa Y	3 500 mm
	osa Z	1 500 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	30 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	30 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	30 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	3 000 x 8 000 mm	
Nosnost stolu	500 kN	
Hmotnost stroje	100 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,018 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,005 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	min. 160 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	77 480 000 Kč	

3.4 FIRMA D

Další německá firma nám zaslala nabídku na stroj *MultiTec 3000 FT-M4* [23].

Hlavní znaky stroje:

- Vřetenová a vyvrtávací hlava s integrovanou osou otáčení
- Vertikální vřetenová jednotka *VS 125C*
- Automatická výměna nástrojů a vřetenových jednotek
- Automatické indexování vřetenových jednotek
- Hydrostatické vedení pro osy Y a Z
- Odporové motorové brzdy pro osy X, Y a Z
- Automatické mazání vedení, převodového ústrojí a ložisek
- Kryty pro vedení na loži stroje
- Vyrovnávací klíny a základové šrouby

- Kompletní elektrické zařízení
- Ruční ovládání typu *HT 2*
- Programovatelné logické řízení *Simatic S 7* od firmy *SIEMENS*
- Řídicí systém *Heidenhain* pro X, Y, Z
- Rotační kódovací zařízení pro osu C1
- Ochrana proti přetížení vřetenových jednotek
- Interaktivní a diagnostické zařízení *INDIS*
- Číslicově řízený systém *SIEMENS* typu *SINUMERIK 840 D sl*
- Nouzové pohybové zařízení *VBG 5*
- Bezolejové náplně a maziva
- Ochrana proti stříkající vodě a šponám pro pracovní zónu s okny a bezpečnostními dveřmi (2500 mm nad podlahou)

Tab. 3.5. Technické parametry stroje *MultiTec 3000 FT-M4* [23]

Pracovní pojezdy	osa X	stůl 1 - 3 500 mm
		stůl 2 - 4 500 mm
	osa Y	4 000 mm
	osa Z	1 500 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	30 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	60 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	60 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu 1	2 500 x 3 000 mm	
Upínací plocha stolu 2	2 500 x 4 000 mm	
Nosnost stolu 1	20 000 kg	
Nosnost stolu 2	20 000 kg	
Hmotnost stroje	110 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,026 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,010 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	120 kVa
	řídicí napětí	24 V DC
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	71 725 000 Kč	

3.5 FIRMA E

Holandská firma nám zaslala nabídku na své dva produkty. První na stroj UNIPORT 7000-OG [24] a druhý UNIPORT 6000-P [25].

UNIPORT 7000-OG

CNC obráběcí centrum s horním pohybovým příčnickem a pevným upínacím stolem pro 5-osé frézování, vrtání, vyvrtávání, řezání závitů, vystružování a sražení hran. Dále jsou k dispozici Caruselové stanice pro kombinované frézování, vrtání a vertikální soustružení.

Vysoce dynamické prvky stroje, obráběcí schopnosti, provozní komfort a bezpečnost jdou ruku v ruce v novém designu stroje. Moderní technologie kluzného vedení přináší nejvyšší přesnost společně s výkonným obráběním. Moderní, digitální *Heidenhain iTNC 530* CNC-systém pro číslicové řízení ve 4 nebo více osách.

Tab. 3.6. Technické parametry stroje *UNIPORT 7000-OG* [24]

Pracovní pojezdy	osa X	10 000 mm
	osa Y	3 500 mm
	osa Z	1 600 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	40 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	40 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	40 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	1.700 x 4.250 mm	
Nosnost stolu	2.000 kg.m ⁻²	
Hmotnost stroje	60.000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,030 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,015 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	Max. 80 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	47 615 000 Kč	

UNIPORT 6000-P

Vertikální CNC obráběcí centrum s pevným portálem, jehož součástí je měnič palet pro 5-osé frézování, vrtání, vyvrtávání, řezání závitů, vystružování a sražení hran.

Tab. 3.7. Technické parametry stroje UNIPORT 6000-P [25]

Pracovní pojezdy	osa X	4 000 mm
	osa Y	3 000 mm
	osa Z	800 až 1000 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	30 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	30 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	30 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu 1 a 2	2.500 x 3.000 mm	
Nosnost stolu	1.500 kg.m ⁻²	
Hmotnost stroje	65.000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,030 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,015 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
	celkový příkon	55 kVa
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	32 692 000 Kč	

3.6 FIRMA F

Další německá firma zaslala nabídku na CNC portálovou frézku FZ 42-5 [26].

CNC portálová frézka FZ 42-5 je modulární koncept stroje s možností kombinovat různé pracovní rozsahy, vřetenové hlavy a druhy ovládacích prvků.

Konstrukce je tvořena pevným upínacím stolem, pevnými bočními stěnami a horním portálem, který se pohybuje ve směru osy X. Lože je pevně ukotveno k základu stroje, a proto se obrobek nemůže pohybovat. Z toho důvodu se obrábění provádí vždy nezávisle na hmotnosti obrobku. Konstantní hmotnostní poměr poskytuje stabilní a dynamické chování, které je nezbytné k dosažení optimální kvality obráběného povrchu a přesnosti obrobku.

High-Performance-Cutting-verze obsahuje:

- optimalizované boční stěny, které jsou vyplněny speciálním betonem pro vyšší stabilitu
- zvětšené rozměry portálu pro maximální tuhost
- vřetenové hlavy *VH 6* pro více vřetenovou technologii
- hřebenový převod pro vysokou tuhost

V důsledku toho se hmotnost stroje zvýší o 30% a výkon vřetena o 100%.

Kombinací mimořádné stability a tuhosti, neustále se pohybující hmoty a vysoce dynamického pohonu, lze získat výborné podmínky pro obrábění všech materiálů až po hrubování oceli a litiny

Tab. 3.8. Technické parametry stroje *FZ 42-5* [26]

Pracovní pojezdy	osa X	4 400 mm
	osa Y	3 500 mm
	osa Z	1 250 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	60 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	60 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	20 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu	3 000 x 6 500 mm	
Nosnost stolu	15 000 kg/m ²	
Hmotnost stroje	80 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X,Y,Z	max. 0,036 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X,Y,Z	max. 0,022 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	48 768 000 Kč	

3.7 FIRMA G

Španělská firma nám zaslala nabídky na své dva produkty, *KPCU 7000-AR* [27] s pojízdným stolem a *Memphis-U 8000* [28] typu horní gantry.

Hlavní komponenty stroje:model KPCU 7000-AR

- Dva stoly
- Šířka mezi sloupy 3000 mm
- Přímá hlava, 37 kW, 4500 nebo 6000 min⁻¹
- Úhlová 45 ° hlava, 360 000 poloh, 37 kW, 4500 nebo 6000 min⁻¹
- Zásobník pro skladování dvou hlav, automatická výměna hlav
- Zásobník nástrojů a měnič s kapacitou pro 100 nástrojů, HSK 100
- Chladicí zařízení s čerpadlem 6-40 bar + čerpadlo 5 bar
- Dva podélné dopravníky třísek

Tab. 3.9. Technické parametry stroje KPCU 7000-AR [27]

Pracovní pojizdy	osa X	7 000 mm
	osa Y	3 750 mm
	osa Z	1 250 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	25 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	25 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	25 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu 1 a 2	2 500 x 3 500 mm	
Nosnost stolu	17 500 kg	
Hmotnost stroje	85 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,006 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,004 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	41 430 000 Kč	

Hlavní komponenty stroje:Model MEMPHIS-U 8000

- Jeden stůl
- Šířka mezi sloupy 4000 mm

- Přímá hlava, 43 kW, 6000 min⁻¹
- Úhlová 45 ° hlava, 360.000 poloh, 43 kW, 6000 min⁻¹
- Zásobník pro skladování dvou hlav, automatická výměna hlav
- Zásobník nástrojů a měnič s kapacitou pro 100 nástrojů, *HSK 100*, s dvojitým
- manipulačním zařízením
- Chladicí zařízení s čerpadlem 6-40 bar + čerpadlo 5 bar
- Pomocný zásobník pro přívod chladicí kapaliny
- Dva podélné dopravníky třísek

Tab. 3.10. Technické parametry stroje *MEMPHIS-U 8000* [28]

Pracovní pojezdy	osa X	8 000 mm
	osa Y	3 000 mm
	osa Z	1 250 mm
Velikost rychloposuvů	osa X	40 000 mm.min ⁻¹
	osa Y	40 000 mm.min ⁻¹
	osa Z	40 000 mm.min ⁻¹
Upínací plocha stolu 1 a 2	3 000 x 7 500 mm	
Nosnost stolu	15 000 kg/m ²	
Hmotnost stroje	90 000 kg	
Přesnost stroje dle VDI/DGQ 3441	Přesnost polohování	
	osa X, Y a Z	max. 0,006 mm
	Opakovaná přesnost	
	osa X, Y a Z	max. 0,004 mm
Instalační údaje	provozní napětí	3 x 400 V, 50 Hz
CNC řídicí systém	Heidenhain iTNC 530	
Cena	48 149 000 Kč	

Součástí zaslaných nabídek byla cenová nabídka, která ve všech případech přesáhla cenový limit stanovený firmou *SOMA*.

4 KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ NAVRHOVANÝCH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

4.1 Navrhovaná varianta řešení *SOMA*

Firma SOMA při výběru vhodného CNC portálového centra pracuje s více tabulkami. První tabulka obsahuje požadované technické parametry pro koncepci typu horní gantry viz **Příloha A**, druhá parametry pro koncepci typu s pojízdným stolem viz **Příloha B**. Obě tabulky obsahují 90 technických parametrů pro správný výběr CNC centra. Tučně zvýrazněné parametry jsou pevně dány. Například firma *SOMA* požaduje kontrolní systém stroje *Heidenhain*, z důvodu toho, že tento systém je ve firmě dlouho využíván. Některé parametry se pro upřesnění odkazují na **Přílohu C** a **Přílohu D**. Každý parametr je obodován 1 až 5 podle důležitosti. Parametr obodovaný číslem 5 je nejdůležitější. Dále každý parametr obsahuje 5 intervalů. První je minimální požadavek a poslední je nejvíce preferován. Opět tyto intervaly jsou bodovány 1 až 5. Nakonec parametr celkově obodujeme. Bodování probíhá tak, že vezmeme důležitost parametru například 5 a vynásobíme ho intervalem, který splňuje právě bodovaný stroj, například 4 a výsledek je 20. Tímhle způsobem obodujeme všechny parametry. Maximální počet bodů, kterých může stroj dosáhnout je 2095.

Tab. 4.1 Celkový počet nasbíraných bodů

CNC centra	Σ nasbíraných bodů
VM 8535	1530
FPPC 350/12 CNC	1442
FPPC 400/12 CNC	1596
Heynuform 3500	1682
MultiTec 3000 FT-M4	1298
UNIPORT 7000-OG	1340
UNIPORT 6000-P	1234
FZ 42-5	1158
KPCU 7000-AR	1852
MEMPHIS-U 8000	1796

4.2 Vlastní navrhovaná varianta řešení

Pro vhodný výběr CNC portálového centra byla vybrána metoda Bazická. Podle této metody budeme zkoumat výše uvedených 10 CNC portálových center.

Než začneme s metodou Bazickou, musíme si stanovit koeficient významnosti, proto bylo zvoleno 7 expertů, kteří jsou schopni kvalifikovaně posoudit významnost jednotlivých kritérií.

Pro stanovení významnosti jednotlivých kritérií použiju metodu známkování.

Metoda známkování

7 kritérií, podle kterých budu posuzovat jednotlivá centra

- 1 - Pracovní pojezd osy X
- 2 - Pracovní pojezd osy Y
- 3 - Pracovní pojezd osy Z
- 4 - Přesnost polohování osy X,Y,Z
- 5 - Opakovaná přesnost osy X,Y,Z
- 6 - Hmotnost
- 7 - Cena

Kritéria jsou vybrány na základě požadavků firmy, které vyžadují co nejpřesnější stroj pro rozměrné součástky za přijatelnou cenu.

7 zvolených kvalifikovaných expertů

- 1 - Technik ve strojírenství
- 2 - Konstruktor
- 3 - Operátor CNC strojů
- 4 - Kontrolor
- 5 - Programátor CNC strojů
- 6 - Vedoucí oddělení technologie výroby
- 7 - Výrobní ředitel

Tab. 4.1. Oznámkování kritérií jednotlivými experty

Expert	Kritéria							β_j
	1	2	3	4	5	6	7	
1	10	4	3	8	6	5	2	38
2	9	4	5	6	3	2	10	39
3	4	7	3	10	9	1	6	40
4	9	8	3	5	4	2	6	37
5	4	10	1	7	3	2	9	36
6	3	1	9	4	6	8	10	41
7	6	9	2	7	4	1	10	39

$$\beta_j = \sum_{k=1}^m \beta_{kj} \quad (1.5) \quad [16]$$

p - počet expertů

m - počet kritérií

β_{kj} - „známka“ přiřazená k-tým expertem j-tému kritériu [16]

$$\beta_1 = 10 + 4 + 3 + 8 + 6 + 5 + 2 = \underline{\underline{38}}$$

$$\beta_2 = 9 + 4 + 5 + 6 + 3 + 2 + 10 = \underline{\underline{39}}$$

$$\beta_3 = 4 + 7 + 3 + 10 + 9 + 1 + 6 = \underline{\underline{40}}$$

$$\beta_4 = 9 + 8 + 3 + 5 + 4 + 2 + 6 = \underline{\underline{37}}$$

$$\beta_5 = 4 + 10 + 1 + 7 + 3 + 2 + 9 = \underline{\underline{36}}$$

$$\beta_6 = 3 + 1 + 9 + 4 + 6 + 8 + 10 = \underline{\underline{41}}$$

$$\beta_7 = 6 + 9 + 2 + 7 + 4 + 1 + 10 = \underline{\underline{39}}$$

Tab. 4.2. Dílčí váhy

Expert	Kritéria						
	1	2	3	4	5	6	7
1	10/38= 0,263	4/38= 0,105	3/38= 0,079	8/38= 0,211	6/38= 0,128	5/38= 0,132	2/38= 0,053
2	9/39= 0,231	4/39= 0,103	5/39= 0,128	6/39= 0,154	3/39= 0,077	2/39= 0,051	10/39= 0,256
3	4/40= 0,100	7/40= 0,175	3/40= 0,075	10/40= 0,250	9/40= 0,225	1/40= 0,025	6/40= 0,150
4	9/37= 0,243	8/37= 0,216	3/37= 0,081	5/37= 0,135	4/37= 0,108	2/37= 0,054	6/37= 0,162
5	4/36= 0,111	10/36= 0,278	1/36= 0,028	7/36= 0,194	3/36= 0,083	2/36= 0,056	9/36= 0,250
6	3/41= 0,073	1/41= 0,024	9/41= 0,220	4/41= 0,098	6/41= 0,146	8/41= 0,195	10/41= 0,244
7	6/39= 0,154	9/39= 0,231	2/39= 0,051	7/39= 0,179	4/39= 0,103	1/39= 0,026	10/39= 0,256
B _j	1,175	1,132	0,662	1,221	0,870	0,539	1,371

Dílčí váha j-tého kritéria u k-tého experta

$$p_{kj} = \frac{\beta_{kj}}{\beta_j} \quad (1.4) \quad [16]$$

Koeficient významnosti j-tého kritéria

$$B_j = \sum_{k=1}^m p_{kj} \quad (1.6) \quad [16]$$

$$B_1 = 0,263 + 0,231 + 0,100 + 0,243 + 0,111 + 0,073 + 0,154 = \underline{\underline{1,175}}$$

$$B_2 = 0,105 + 0,103 + 0,175 + 0,216 + 0,278 + 0,024 + 0,231 = \underline{\underline{1,132}}$$

$$B_3 = 0,079 + 0,128 + 0,075 + 0,081 + 0,028 + 0,220 + 0,051 = \underline{\underline{0,662}}$$

$$B_4 = 0,211 + 0,154 + 0,250 + 0,135 + 0,194 + 0,098 + 0,179 = \underline{\underline{1,221}}$$

$$B_5 = 0,128 + 0,077 + 0,225 + 0,108 + 0,083 + 0,146 + 0,103 = \underline{\underline{0,870}}$$

$$B_6 = 0,132 + 0,051 + 0,025 + 0,054 + 0,056 + 0,195 + 0,226 = \underline{\underline{0,539}}$$

$$B_7 = 0,053 + 0,256 + 0,150 + 0,162 + 0,250 + 0,244 + 0,256 = \underline{\underline{1,371}}$$

Experti vyhodnotili, že nejvýznamnější kritérium je

- 1 - Cena
- 2 - Přesnost polohování osy X,Y,Z
- 3 - Pracovní pojezd osy X
- 4 - Pracovní pojezd osy Y
- 5 - Opakovaná přesnost osy X,Y,Z
- 6 - Pracovní pojezd osy Z
- 7 - Hmotnost

Bazická metoda

Pracovní pojezd osy X - **výnos**, čím větší pojezd, tím delší obrobek můžeme upnout

Pracovní pojezd osy Y - **výnos**, čím větší pojezd, tím širší obrobek můžeme upnout

Pracovní pojezd osy Z - **výnos**, čím větší pojezd, tím vyšší obrobek můžeme upnout

Přesnost polohování osy X,Y,Z - **náklad**, čím větší přesnost polohování, tj. čím nižší hodnota, tím lépe

Opakovaná přesnost osy X,Y,Z - **náklad**, čím větší přesnost polohování, tj. čím nižší hodnota, tím lépe

Hmotnost - **výnos**, čím větší hmotnost, tím lepší stabilita stroje

Cena - **náklad**, čím menší cena stroje, tím lépe

Po stanovení nákladů a výnosů si vytvoříme tabulku, ve které budou jednotlivé stroje spolu se svými parametry.

Tab. 4.2. Jednotlivé modely strojů

CNC centra	Kritéria						
	1. Prac. pojezd osy X (mm)	2. Prac. pojezd osy Y (mm)	3. Prac. pojezd osy Z (mm)	4. Přesn. poloh. osy X,Y,Z (mm/min)	5. Opak. přesn. osy X,Y,Z (mm/min)	6. Hmotnost (kg)	7. Cena (Kč)
1. VM 8535	8500	3500	1250	0,015	0,008	67000	44 525500
2. FPPC 350/12 CNC	12000	3500	1500	0,030	0,013	100000	34 676000
3. FPPC 400/12 CNC	12000	4000	1500	0,030	0,013	105000	35 651000
4. Heynuform 3500	9000	3500	1500	0,018	0,005	100000	77 480000
5. MultiTec 3000 FT-M4	4500	4000	1500	0,026	0,010	110000	71 725000
6. UNIPORT 7000-OG	10000	3500	1600	0,030	0,015	60000	47 615000
7. UNIPORT 6000-P	4000	3000	800	0,030	0,015	65000	32 692000
8. FZ 42-5	4400	3500	1250	0,036	0,022	80000	48 768000
9. KPCU 7000-AR	7000	3750	1250	0,006	0,004	85000	41 430000
10. MEMPHIS-U 8000	8000	3000	1250	0,006	0,004	90000	48 149000

Výpočet bazické varianty

Hodnota bazické varianty je průměrnou hodnotou daného kritéria.

Pracovní pojezd osy X

$$\sum 8500 + 12000 + 12000 + 9000 + 4500 + 10000 + 4000 + 4400 + 7000 + 8000 = \underline{\underline{79400}}$$

$$\emptyset \frac{79400}{10} = \underline{\underline{7940}}$$

Pracovní pojezd osy Y

$$\sum 3500 + 3500 + 4000 + 3500 + 4000 + 3500 + 3000 + 3500 + 3750 + 3000 = \underline{\underline{35250}}$$

$$\emptyset \frac{35250}{10} = \underline{\underline{3525}}$$

Pracovní pojezd osy Z

$$\sum 1250 + 1500 + 1500 + 1500 + 1500 + 1600 + 800 + 1250 + 1250 + 1250 = \underline{\underline{13400}}$$

$$\emptyset \frac{13400}{10} = \underline{\underline{1340}}$$

Přesnost polohování osy X,Y,Z

$$\sum 0,015 + 0,030 + 0,030 + 0,018 + 0,026 + 0,030 + 0,030 + 0,036 + 0,006 + 0,006 = \underline{\underline{0,227}}$$

$$\emptyset \frac{0,227}{10} = \underline{\underline{0,0227}}$$

Opakovaná přesnost osy X,Y,Z

$$\sum 0,008 + 0,013 + 0,013 + 0,005 + 0,010 + 0,015 + 0,015 + 0,022 + 0,004 + 0,004 = \underline{\underline{0,109}}$$

$$\emptyset \frac{0,109}{10} = \underline{\underline{0,0109}}$$

Hmotnost

$$\sum \begin{array}{l} 67000 + 100000 + 105000 + 100000 + 110000 + 60000 + 65000 + 80000 \\ + 85000 + 90000 \end{array} = \underline{\underline{862000}}$$

$$\emptyset \frac{862000}{10} = \underline{\underline{86200}}$$

Cena

$$\sum \begin{array}{l} 44525500 + 34676000 + 35651000 + 77480000 + 71725000 + 47615000 + 32692000 \\ + 48768000 + 41430000 + 48149000 \end{array} = \underline{\underline{482711500}}$$

$$\emptyset \frac{482711500}{10} = \underline{\underline{48271150}}$$

Hodnoty bazické varianty včetně koeficientů významnosti jsou doplněny v tab. 4.3.

Tab. 4.3. Parametry strojů doplněné o hodnoty baz. varianty a koeficienty významnosti

CNC centra	Kritéria						
	1. Prac. pojezd osy X (mm)	2. Prac. pojezd osy Y (mm)	3. Prac. pojezd osy Z (mm)	4. Přesn. poloh. osy X,Y,Z (mm/min)	5. Opak. přesn. osy X,Y,Z (mm/min)	6. Hmotnost (kg)	7. Cena (Kč)
1. VM 8535	8500	3500	1250	0,015	0,008	67000	44 525500
2. FPPC 350/12 CNC	12000	3500	1500	0,030	0,013	100000	34 676000
3. FPPC 400/12 CNC	12000	4000	1500	0,030	0,013	105000	35 651000
4. Heynuform 3500	9000	3500	1500	0,018	0,005	100000	77 480000
5. MultiTec 3000 FT-M4	4500	4000	1500	0,026	0,010	110000	71 725000
6. UNIPORT 7000-OG	10000	3500	1600	0,030	0,015	60000	47 615000
7. UNIPORT 6000-P	4000	3000	800	0,030	0,015	65000	32 692000
8. FZ 42-5	4400	3500	1250	0,036	0,022	80000	48 768000
9. KPCU 7000-AR	7000	3750	1250	0,006	0,004	85000	41 430000
10. MEMPHIS-U 8000	8000	3000	1250	0,006	0,004	90000	48 149000
Ø	7940	3525	1340	0,0227	0,0109	86200	48271150
B	1,175	1,132	0,662	1,221	0,870	0,539	1,371

Hodnoty B v tabulce jsou vypočtené koeficienty významnosti kritérií, jen posunuté o 1 desetinné místo.

Přepočet koeficientů:

Pro kritéria typu náklady

$$z_{ij} = \frac{h_{bj}}{h_{ij}} \cdot B_j \quad (1.1) \quad [16]$$

Pro kritéria typu náklady

$$z_{ij} = \frac{h_{ij}}{h_{bj}} \cdot B_j \quad (1.2) \quad [16]$$

h_{bj} – hodnota j-tého kritéria u bazické varianty

h_{ij} – hodnota j-tého kritéria u i-té varianty [16]

VýnosyPracovní pojezd osy X

$$\begin{aligned}
z_{11} &= \frac{8500}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,258}} \\
z_{21} &= \frac{12000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,776}} \\
z_{31} &= \frac{12000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,776}} \\
z_{41} &= \frac{9000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,332}} \\
z_{51} &= \frac{4500}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{0,666}} \\
z_{61} &= \frac{10000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,480}} \\
z_{71} &= \frac{4000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{0,592}} \\
z_{81} &= \frac{4400}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{0,651}} \\
z_{91} &= \frac{7000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,036}} \\
z_{101} &= \frac{8000}{7940} \cdot 1,175 = \underline{\underline{1,184}}
\end{aligned}$$

Pracovní pojezd osy Z

$$\begin{aligned}
z_{13} &= \frac{1250}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,618}} \\
z_{23} &= \frac{1500}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,741}} \\
z_{33} &= \frac{1500}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,741}} \\
z_{43} &= \frac{1500}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,741}} \\
z_{53} &= \frac{1500}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,741}} \\
z_{63} &= \frac{1600}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,790}} \\
z_{73} &= \frac{800}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,395}} \\
z_{83} &= \frac{1250}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,618}} \\
z_{93} &= \frac{1250}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,618}} \\
z_{103} &= \frac{1250}{1340} \cdot 0,662 = \underline{\underline{0,618}}
\end{aligned}$$

Pracovní pojezd osy Y

$$\begin{aligned}
z_{12} &= \frac{3500}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,124}} \\
z_{22} &= \frac{3500}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,124}} \\
z_{32} &= \frac{4000}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,285}} \\
z_{42} &= \frac{3500}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,124}} \\
z_{52} &= \frac{4000}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,285}} \\
z_{62} &= \frac{3500}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,124}} \\
z_{72} &= \frac{3000}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{0,963}} \\
z_{82} &= \frac{3500}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,124}} \\
z_{92} &= \frac{3750}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{1,204}} \\
z_{102} &= \frac{3000}{3525} \cdot 1,132 = \underline{\underline{0,963}}
\end{aligned}$$

Hmotnost

$$\begin{aligned}
z_{16} &= \frac{67000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,419}} \\
z_{26} &= \frac{100000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,625}} \\
z_{36} &= \frac{105000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,657}} \\
z_{46} &= \frac{100000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,625}} \\
z_{56} &= \frac{110000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,688}} \\
z_{66} &= \frac{60000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,375}} \\
z_{76} &= \frac{65000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,406}} \\
z_{86} &= \frac{80000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,500}} \\
z_{96} &= \frac{85000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,531}} \\
z_{106} &= \frac{90000}{86200} \cdot 0,539 = \underline{\underline{0,563}}
\end{aligned}$$

NákladyPřesnost polohování osy X,Y,Z

$$z_{14} = \frac{0,0227}{0,015} \cdot 1,221 = \underline{\underline{1,848}}$$

$$z_{24} = \frac{0,0227}{0,030} \cdot 1,221 = \underline{\underline{0,924}}$$

$$z_{34} = \frac{0,0227}{0,030} \cdot 1,221 = \underline{\underline{0,924}}$$

$$z_{44} = \frac{0,0227}{0,018} \cdot 1,221 = \underline{\underline{1,540}}$$

$$z_{54} = \frac{0,0227}{0,026} \cdot 1,221 = \underline{\underline{1,066}}$$

$$z_{64} = \frac{0,0227}{0,030} \cdot 1,221 = \underline{\underline{0,924}}$$

$$z_{74} = \frac{0,0227}{0,030} \cdot 1,221 = \underline{\underline{0,924}}$$

$$z_{84} = \frac{0,0227}{0,036} \cdot 1,221 = \underline{\underline{0,770}}$$

$$z_{94} = \frac{0,0227}{0,006} \cdot 1,221 = \underline{\underline{4,619}}$$

$$z_{104} = \frac{0,0227}{0,006} \cdot 1,221 = \underline{\underline{4,619}}$$

Opakovaná přesnost osy X,Y,Z

$$z_{15} = \frac{0,0109}{0,008} \cdot 0,870 = \underline{\underline{1,185}}$$

$$z_{25} = \frac{0,0109}{0,013} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,729}}$$

$$z_{35} = \frac{0,0109}{0,013} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,729}}$$

$$z_{45} = \frac{0,0109}{0,005} \cdot 0,870 = \underline{\underline{1,897}}$$

$$z_{55} = \frac{0,0109}{0,010} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,948}}$$

$$z_{65} = \frac{0,0109}{0,015} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,632}}$$

$$z_{75} = \frac{0,0109}{0,015} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,632}}$$

$$z_{85} = \frac{0,0109}{0,022} \cdot 0,870 = \underline{\underline{0,431}}$$

$$z_{95} = \frac{0,0109}{0,004} \cdot 0,870 = \underline{\underline{2,371}}$$

$$z_{105} = \frac{0,0109}{0,004} \cdot 0,870 = \underline{\underline{2,371}}$$

Cena

$$z_{17} = \frac{48271150}{44525500} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,486}}$$

$$z_{27} = \frac{48271150}{34676000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,909}}$$

$$z_{37} = \frac{48271150}{35651000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,856}}$$

$$z_{47} = \frac{48271150}{77480000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{0,854}}$$

$$z_{57} = \frac{48271150}{71725000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{0,923}}$$

$$z_{67} = \frac{48271150}{47615000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,390}}$$

$$z_{77} = \frac{48271150}{32692000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{2,024}}$$

$$z_{87} = \frac{48271150}{48768000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,357}}$$

$$z_{97} = \frac{48271150}{41430000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,597}}$$

$$z_{107} = \frac{48271150}{48149000} \cdot 1,371 = \underline{\underline{1,374}}$$

Tab. 4.4. Přepočítané koeficienty

CNC centra	Kritéria						
	1. Prac. pojezd osy X (mm)	2. Prac. pojezd osy Y (mm)	3. Prac. pojezd osy Z (mm)	4. Přesn. poloh. osy X,Y,Z (mm/min)	5. Opak. přesn. osy X,Y,Z (mm/min)	6. Hmotnost (kg)	7. Cena (Kč)
1. VM 8535	1,258	1,124	0,618	1,848	1,185	0,419	1,486
2. FPPC 350/12 CNC	1,776	1,124	0,741	0,924	0,729	0,625	1,909
3. FPPC 400/12 CNC	1,776	1,285	0,741	0,924	0,729	0,657	1,856
4. Heynuform 3500	1,332	1,124	0,741	1,540	1,897	0,625	0,854
5. MultiTec 3000 FT-M4	0,666	1,285	0,741	1,066	0,948	0,688	0,923
6. UNIPORT 7000-OG	1,480	1,124	0,790	0,924	0,632	0,375	1,390
7. UNIPORT 6000-P	0,592	0,963	0,395	0,924	0,632	0,406	2,024
8. FZ 42-5	0,651	1,124	0,618	0,770	0,431	0,500	1,357
9. KPCU 7000-AR	1,036	1,204	0,618	4,619	2,371	0,531	1,597
10. MEMPHIS-U 8000	1,184	0,963	0,618	4,619	2,371	0,563	1,374

Vypočítané hodnoty sečteme a zapíšeme do tabulky.

Ukázkový výpočet Σ u CNC portálového centra VM 8535:

$$S_j = \sum_{j=1}^{j=m} z_{ij} \quad (1.3) \quad [16]$$

$$\Sigma 1,258 + 1,124 + 0,618 + 1,848 + 1,185 + 0,419 + 1,486 = \underline{\underline{7,938}}$$

Tab. 4.5. Suma všech koeficientů

CNC centra	Σ
VM 8535	7,938
FPPC 350/12 CNC	7,828
FPPC 400/12 CNC	7,968
Heynuform 3500	8,113
MultiTec 3000 FT-M4	6,317
UNIPORT 7000-OG	6,715
UNIPORT 6000-P	5,936
FZ 42-5	5,451
KPCU 7000-AR	11,976
MEMPHIS-U 8000	11,692

Čím vyšší suma koeficientů, tím je CNC portálové centrum v této metodě výhodnější. Podle tabulky můžeme vidět, že nejvýhodnější CNC portálové centrum podle metody Bazické je *KPCU 7000-AR* od FIRMY G. Hned za ním je *MEMPHIS-U 8000* od stejné firmy.

Po obodování strojů podle tabulek firmy *SOMA* nám vyšel jako vítěz také stroj *KPCU 7000-AR*, který nasbíral 1852bodů. Podle shody výsledků můžeme stanovit, že mnou vybraná metoda je správná a byla užitečná pro pomoc při výběrovém řízení.

Vzhledem k vysokým požadavkům na přesnost stroje bude nutné přehodnotit finanční prostředky určené na tento projekt.

5 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Výběr nejvhodnější varianty je dobré posuzovat několika metodami tak, aby byla zvýšena pravděpodobnost výběru nejlepší nabídky. Vítězná cenová nabídka byla posuzována dvěma různými nezávislými metodami, což přispívá k výběru nejvhodnějšího stroje pro firmu *SOMA*.

Podle metod uvedených v předchozí části vyhrálo CNC portálové centrum KPCU 7000-AR s koncepcí typu s pojízdným stolem. Stroj splňuje všechny požadavky firmy *SOMA*. Přesnost polohování a opakovaná přesnost stroje je nejlepší ze všech porovnávaných strojů a hlavně z toho důvodu stroj vyhrál. Geometrická přesnost stroje je velmi důležitá, protože stroj musí být schopen splňovat zadané přesnosti každé vyráběné součásti. Dále stroj obsahuje dva pojízdné stoly o rozměrech 3500 x 2500 mm, které mají výhodu toho, že se mohou spojit dohromady a tak obrábět i velmi prostorově velké součástky. Tak velký prostor se firmě *SOMA* hodí z důvodu toho, že vyrábějí úzké nosníky s délkou až 5000 mm. Obrábění dlouhých součástí nám umožňuje pracovní pojezd osy X, který dosahuje až 7000 mm. Dalším důležitým prvkem pro výrobu široké součástky je pracovní pojezd Y, který může dosáhnout až 3750 mm.

Důležitou otázkou při posuzování investice je otázka její návratnosti. Firma *SOMA* musí spolupracovat s jinými firmami tak, aby naplnila požadavky zákazníků, a to stojí nemalé finance. V případě firmy *SOMA* činí kooperace 6 miliónů korun ročně, nově pořízený stroj stojí 41 430 000 Kč.

Návratnost vložených investic je dána vzorcem:

$$NVI = \frac{\text{hodnota investice}}{\sum \text{úspora nákladů}} \quad (1.7) \quad [17]$$

$$NVI = \frac{41430000}{6000000} = 6,905 \text{ let}$$

Dle výpočtu vyjde, že stroj se zaplatí přibližně za 7 let, tj. návratnost investice je pro firmu vyhovující a naplňuje jejich očekávání. Nově pořízený stroj by měl vydržet déle než 7 let, což značí výhodnou investici do budoucna a může firmě *SOMA* přinést nové zákazníky a rozšířit tak výrobu firmy.

Celková částka stroje sice přesáhla první finanční variantu, ale stroj je od světově uznávané firmy, která vyrábí kvalitní stroje a má i kvalitní servis.

6 ZÁVĚR

Impulesem pro pořízení nového CNC stroje je maximální vytíženost stávajícího CNC, který nedokáže zabezpečit výrobu všech potřebných součástek. Z tohoto důvodu musí firma *SOMA* využívat spolupráce s jinou firmou, což ovšem nevyhovuje požadavkům vedení firmy *SOMA* díky vysokým nákladům na kooperaci, jako jsou náklady na dodávku materiálu, přepravu součástek apod. Nezanedbatelné hledisko je také hledisko času, kdy výroba součástek u spolupracující firmy trvá mnohem déle než jejich výroba na vlastním stroji. Díky pořízení nového stroje se součástky budou vyrábět pouze ve firmě *SOMA* a tím se značně sníží náklady a potřebný čas k jejich výrobě.

Firma *SOMA* se prostřednictvím výběrového řízení, které vyhlásila letos v březnu, rozhodla koupit nové CNC portálové centrum. Podle stanovených požadavků zaslalo své nabídky sedm firem. Po důkladném posouzení cenových nabídek a splněných kritérií vyhrála FIRMA G se svým strojem *KPCU 7000-AR*. Stroj splnil veškeré požadavky a po přehodnocení finančních prostředků vzhledem k vybavenosti nabízených strojů byl shledán nejlepším možným řešením pro tento projekt.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BORSKÝ, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno : VUT Brno, 1992. 216 s.
ISBN 80-214-0470-1
- [2] *Odborné učeliště a Praktická škola Lipová-lázně* [online]. Poslední aktualizace 25.3.2013, [cit.25-3-2013].
URL: <<http://oulipova.cz/vyuka/strojari/Obrabeni.pdf>>.
- [3] *INAXES CNC MACHINERY* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <<http://www.cnc-inaxes.cz/CNC-portalova-obrabeci-centra>>.
- [4] *Zayer CNC milling machines and machining centers* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <<http://www.zayer.com/en/product/gantry/memphismemphisu/19>>.
- [5] *BOST SK* [online]. Poslední aktualizace 24.3.2013, [cit.24-3-2013].
URL: <<http://stroje.bost.sk/uploaded/stroje/trimill/trimill-complete-czech.pdf>>.
- [6] *Zayer CNC milling machines and machining centers* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <<http://www.zayer.com/en/product/gantry/gmc-argmcu-ar/21>>.
- [7] *Zayer CNC milling machines and machining centers* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <<http://www.zayer.com/en/product/bridgetype/kpc-arkpcu-ar/16>>.
- [8] *TRIMILL machine tools* [online]. Poslední aktualizace 16.3.2013, [cit.16-3-2013].
URL: <http://www.trimill.cz/files/images/vm-4525-3_big.jpg>.
- [9] *NAREX MTE* [online]. Poslední aktualizace 16.3.2013, [cit.16-3-2013].
URL: <http://www.narexmte.cz/servis/Fuh_navod_CZ_u.pdf>.
- [10] *TRIMILL machine tools* [online]. Poslední aktualizace 16.3.2013, [cit.16-3-2013].
URL: <http://www.trimill.cz/files/images/VF-4525-6_big.jpg>.

- [11] *Zayer CNC milling machines and machining centers* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <http://www.zayer.com/datos/cabezales/imagen26/cabecal_45_vertical.jpg>.
- [12] *Zayer CNC milling machines and machining centers* [online]. Poslední aktualizace 15.3.2013, [cit.15-3-2013].
URL: <<http://www.zayer.com/datos/cabezales/imagen14/CABEZAL-EN-L-C.jpg>>.
- [13] *Wikipedie* [online]. Poslední aktualizace 2.4.2013, [cit.2-4-2013].
URL:<http://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDb%C4%9Brov%C3%A9_%C5%99%C3%ADzen%C3%AD>.
- [14] SYNEK, Miloslav. *Manažerská ekonomika*. Praha : Grada Publishing, 2007. 452 s.
ISBN 978-80-247-1992-4
- [15] HRON, Jan. *Teorie řízení*. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2000. 135 s.
ISBN 978-80-213-0210-5
- [16] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. 1. vyd. Ostrava : Fakulta strojní VŠB - TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9
- [17] *Agrokrom* [online]. Poslední aktualizace 4.4.2013, [cit.4-4-2013].
URL:<http://www.agrokrom.cz/texty/ekonomika/vuze_novak/NOVAK_EKONOMICKE_HODNOCENI_INVESTIC.pdf>.
- [18] *SOMA engineering* [online]. Poslední aktualizace 5.3.2013, [cit.5-3-2013].
URL: <<http://www.soma-eng.com/cs/profil-spolecnosti/historie-spolecnosti>>.
- [19] *SOMA engineering* [online]. Poslední aktualizace 5.3.2013, [cit.5-3-2013].
URL: <<http://www.soma-eng.com/cs/profil-spolecnosti/firemni-hodnoty>>.
- [20] *I20926 VM 8535*. Lanškroun: SOMA engineering, 2012. 11 s.

- [21] *ST-202_FPPC_400-12_HFM-5-800_VM-3-1200*. Lanškroun: SOMA engineering, 2013. 6 s.
- [22] *Angebot 12 086 37_Heynuform 3500_Tschechien*. Lanškroun: SOMA engineering, 2012. 34 s.
- [23] *16435.1_Scope of Supply_MultiTec 3000 FT*. Lanškroun: SOMA engineering, 2012. 21 s.
- [24] *104732_OFF04_UPO7000-OG*. Lanškroun: SOMA engineering, 2013. 23 s.
- [25] *104732_OFF05_UPO6000-P*. Lanškroun: SOMA engineering, 2013. 22 s.
- [26] *AN22278_FZ42-5_VH6_20121112*. Lanškroun: SOMA engineering, 2012. 32 s.
- [27] *TB - KPCU 7000 AR*. Lanškroun: SOMA engineering, 2013. 9 s.
- [28] *TB - Memphis U 8000*. Lanškroun: SOMA engineering, 2012. 9 s.

8 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Technické parametry koncepce typu horní gantry

Příloha B – Technické parametry koncepce typu s pojízdným stolem


Příloha C – Geometrie horního gantry

Příloha D – Geometrie pojízdného stolu

Příloha E – Definice parametrů

Poděkování:

Poděkování patří firmě SOMA spol. s r.o. za poskytnutí pracovních materiálů a důležitých informací o daném problému, s jejichž pomocí bakalářská práce vznikla. Poděkovat bych chtěl především vedoucímu oddělení technologie výroby panu Ing. Aleši Dolečkovi. Dále děkuji paní Ing. Ivaně Šajdlerové, Ph.D. za vedení a cenné rady při tvorbě bakalářské práce.


Jaromír Novotný